第 37 卷第 19 期
2017 年 10 月
生　态　学　报
ACTA ECOLOGICA SINICA
Vol.37, No.19
Oct., 2017

DOI: 10.5846/stxb201607091408
王晶, 吕昭智, 尹传华, 李锦辉,吴文岳.塔克拉玛干沙漠北缘柽柳灌丛沙堆对甲虫的庇护作用.生态学报,2017,37(19):6504-6510.
Wang J, Lü Z Z, Yin C H, Li J H, Wu W Y. The shelter belt effect: beetles in the litter-layer of *Tamarix nebkha* in the north rim of Taklamakan. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(19):6504-6510.

塔克拉玛干沙漠北缘柽柳灌丛沙堆对甲虫的庇护作用

王　晶[1,2], 吕昭智[2,*], 尹传华[2], 李锦辉[3],吴文岳[2]
1 喀什大学化学与环境科学学院,喀什　844006
2 中国科学院新疆生态与地理研究所,乌鲁木齐　830011
3 农一师 3 团农业科,阿克苏　843300

摘要:以塔克拉玛干沙漠北缘典型荒漠区柽柳灌丛沙堆-柽柳包为研究对象,在 2005—2006 年期间调查了柽柳包及相邻沙漠裸地地表甲虫多样性。结果表明:2005 年和 2006 年柳包上地表甲虫个体数量和物种数均高于沙漠裸地,柽柳包上的地表甲虫物种数分别为 21 种和 16 种,沙漠裸地中分别为 10 种和 12 种,柽柳包上物种丰富度明显高于沙漠裸地。选取优势种髋胫小土甲(*Penthicicus koltzei* Reitter)进行相对种群密度的估算,髋胫小土甲在柽柳包上分布数量较多,密度可达到每平方米在 13 头以上;但沙漠裸地仅有 6 头左右。柽柳包对甲虫多样性有明显的庇护所的作用,有利于维持甲虫物种多样性。2 种不同生境条件下地表甲虫的数量存在明显的季节变动,其数量高峰分别出现在 2005 年 6 月和 2006 年 7 月,可能与不同季节环境的极端性(如气温峰值和洪水早晚)导致的食物丰富程度有关。

关键词:地表甲虫;柽柳包;庇护作用

The shelter belt effect: beetles in the litter-layer of *Tamarix nebkha* in the north rim of Taklamakan

WANG Jing[1,2], LÜ Zhaozhi[2,*], YIN Chuanhua[2], LI Jinhui[3], WU Wenyue[2]
1 *College of Chemistry and Environmental Science, Kashgar University, KaShiGaR* 844006, *China*
2 *Xinjiang Institute of Geography and Ecology, Urumqi* 830011, *China*
3 *Agriculture Section of Agricultural Division One Farm Three, Aksu* 843300, *China*

Abstract: *Tamarix nebkhas* (nebkhas) has been widely planted to stabilize sand movement and develop soils along desert margins. The influence of this man made localized landscape on insect diversity is not well known. Some groups of beetles are well adapted to life in the arid and thermally stressing environments found in desert regions. In 2005 and 2006, we investigated the species diversity and abundance of beetles in the litter-layer in areas planted with *T. nebkhas* and bare patches between these in the northern edge of Taklamakan desert, the biggest sand dune area in China, and second in the world in terms of sand dune movement. Six nebkhas areas and contiguous bare patches were monitored from June to August in both years by pitfall traps. Beetle in each trap were collected at half-month intervals, and kept in alcohol for later identification. A mark-recapture method was employed to estimate the density of beetles and the probability of movement between nebkhas. The community of litter-layer beetles in the *T. nebkhas* was higher and stabilized than in bare patches. In 2005 and 2006 the total number of beetles collected in the *T. nebkhas*, 360 and 209 in each year, was greater than in bare patches, 209 and 158. Some 21 species of litter-layer beetles were observed in the *T. nebkhas* and 10 species in bare patches in 2005, with 16 species and 12 species trapped in each patch type in 2006. Species richness, Shanon-Weiner index and

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31470713);自治区高校科研计划青年专项基金(XJEDU2013S36)
收稿日期:2016-07-09;　　**网络出版日期:**2017-05-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaozhi@ms.xjb.ac.cn

Evenness 21 species of litter-layer beetles were observed in the *T. nebkhas* and 10 species in bare patches in 2005, with 16 species and 12 species trapped in each patch type in 2006. Species richness, Shanon-Weiner index and Evenness index were higher at the *T. nebkhas* areas than in bare patches, and Simpson Index was greatest in bare patches in 2005.Based on mark-recapture the density of *Penthicicus koltzei* Reitter was higher in *T. nebkhas* areas ($13/m^2$) compared to bare patches ($6/m^2$). Areas planted with *T. nebkha* act as a refuge for conserving *P. koltzei* and other beetles in desert areas. Movement of beetles was very localized. Only one beetle was recorded as moving from on nebkhas to another, a distance of 30 m. This implied that beetle in nebkhas might be independent, and refuges are highly localised. There was high seasonal variability in the litter-layer beetles species abundance and biodiversity in the two types of patchy: the beetle density in both areas peaked in the June, 2005 and July, 2007. This may be attributed to the abundance of food for beetle in different season and the effect of microhabitat, particularly moisture effects in harsh desert areas. The nebkhas alongside deserts offer a refuge, sustaining the diversity of beetle. Expanding the creation of the distinctive landscape composed of nebhkhas and its biodiversity, provides a buffer between desert and agriculture reclamation should be a priority.

Key Words: litter-layer beetles; *Tamarix nebkha*; the shelter effect

植物群落的物种组成结构和分布特点,特别是植物的种类数、生物量、高度与昆虫群落的结构和物种多样性密切相关,并对昆虫群落的稳定性产生深刻的影响[1-2]。在沙漠或者干旱地区地区由于资源匮乏以及环境胁迫植物与昆虫之间的关系更为密切。在索诺兰沙漠中植物群落为昆虫提供大量的资源(叶片和花),有利于昆虫多样性的增加,其中叶片生物量在44%和51%以上水平上可以解说物种数及其种群数量变异程度,花的生物量在32%以上的水平上说明昆虫物种的变异程度[3]。不仅如此,昆虫多样性也与寄主植物体内的水分含量也存在一定的关系,在一些类群植物中水分与昆虫群落存在正相关[4]。Wenninger 等的工作也支持这一点:昆虫多样性与植物多样性及其灌溉是正相关的[5]。此外,相同生境中的昆虫群落结构和物种多样性除了受植物群落外还受到土壤硬度和含水量等环境因素的影响[1-2],还会因季节的推移而发生明显的变化,从而造成群落内不同昆虫种群季节消长明显[6-10]。

植物群落在沙漠地区分布受多种因子的影响,如海拔、土壤生物结皮、土壤环境和地理位置[11],这些因子也可能间接地影响昆虫的多样性[12]。塔里木盆地地处新疆南部,属极端干旱区,自然环境恶劣,严酷的生态环境造成区域内昆虫的物种数量贫乏,种群的数量极为有限,生态系统十分脆弱。灌丛沙堆是干旱、半干旱地区的一种典型的风积生物地貌类型[13],它可以通过富集凋落物、遮荫、收集茎干径流等方式改善局部的微环境条件,从而吸引植食性昆虫和肉食性动物前来栖息[14],进而为极端干旱区生物多样性的保护提供庇护场所[13-16]。柽柳包是灌丛沙堆的一种[17-18],主要分布于山前冲积扇、河岸低阶地绿洲与流动沙丘之间的区域。尽管柽柳的肥岛、盐岛效应已经有所报道[19-20],但关于它在干旱区生态系统中的功能,诸如对昆虫群落多样性的维持和保育等鲜有报道发表。本文通过比较典型荒漠区柽柳包及沙漠裸地间地表甲虫的物种组成、丰富度、个体数量和多样性等差异及季节变化动态,分析地表甲虫对栖息环境的选择性,探讨柽柳灌丛沙堆在极端干旱区对地表甲虫群落物种多样性维持和保育机制,进一步理解在沙漠地区动物与植物的复杂生态关系,从而为脆弱生态系统生物多样性保护与管理提供理论支持。

1　材料和方法

1.1　研究区概况

研究区位于新疆维吾尔自治区阿克苏市南 130 km 处的喀拉库勒镇(40°22′N,80°03′E),地处,天山南麓塔克拉玛干沙漠北缘,塔里木河的上游段,为和田河和叶尔羌河的交汇处,海拔 1050 m。属暖温带典型的极端大陆性干旱荒漠气候,夏季炎热、冬季寒冷、春季升温快而不稳定,秋季降温迅速,昼夜温差大。多年平均气温 11℃,极端最高气温 43.9℃,极端最低气温-27.1℃,年均降水量 62.7 mm,年均蒸发量 2337.5 mm。研究区

位于典型荒漠区域边缘,距离绿洲防护林带 500 m 左右,地处偏僻,受人为扰动少,以起伏连绵的沙地为主要地貌,生境异质性较低,区域内分散着少数的柽柳包,植物种类稀少,是研究自然生境地表甲虫群落结构和优势种密度的理想场所。

1.2 调查方法和数据处理

柽柳包地表甲虫群落多样性调查采用陷阱法(陷阱为塑料杯,口径 7 cm,深 12.5 cm,埋入土中,放置时塑料杯口与地面平齐,由于研究区域蒸发量大,未使用诱捕剂),收集地表甲虫,选取 6 个柽柳包(表 1)和 3 块沙漠裸地(对照)作为试验样点,每个柽柳包沿周长均匀放置 9 个陷阱,2 个陷阱间隔 3m 左右,每个沙漠裸地样点中放置 18 个陷阱,排成 3 排,2 个陷阱之间间隔 2m 左右,2 排间隔 3m 左右。2 次试验时间间隔为 30d,甲虫标本用 75%的酒精溶液浸泡保存。甲虫标本鉴定主要由研究各类群的专家帮助完成,数量和种类较少没有找专家鉴定的类群按查找相关文献鉴定到科。

表 1 6 个柽柳包基本特征

Table 1 Characteristic of the 6 Tamarix nebkha

编号 Number	基底周长/m Perimeter	斜边长度/m Hypotenuse length	表面积/m² Superficial area	坡度/(°) Gradient	植株高度/m Plant height	表面覆盖物情况 Cladding thickness
1	32	5.0	80	25	5.2	柽柳落叶少
2	26	3.6	46.8	30	4.8	柽柳落叶层厚
3	35	5.4	94.5	35	5.1	柽柳落叶少
4	30	5.2	78	40	5.0	柽柳落叶层稍厚
5	34	5.4	91.8	45	5.4	柽柳落叶稍多
6	37	5.0	92.5	40	4.7	柽柳落叶少

优势种密度调查时间为 2006 年 7 月 16 日至 7 月 26 日,选取 6 个两两间距离不小于 30m 的柽柳包,用陷阱法(方法同上)收集标本,在每个柽柳包基部均匀放置 30 个陷阱,2 个陷阱间隔 1m 左右;用油漆在捕获的甲虫鞘翅一侧作标记,连续 11d 每天对所获标本进行 1 次标记重捕,为验证地表甲虫在不同柽柳包间是否存在迁移现象,同一柽柳包上捕获的标本采用相同颜色油漆标记,不同柽柳包所用油漆颜色不同,记录每天标本的捕获数、已标记数和新标记数。

利用 Schumacker-Eschmeyer 公式估计各柽柳包上甲虫优势种群的大小。

种群大小的估计量(N)
$$N = \frac{\sum (n_i M_i^2)}{\sum (M_i m_i)}$$

$1/N$ 的方差
$$S_{1/N}^2 = \frac{\sum (M_i^2 / n_i) - (\sum (m_i M_i)^2 / \sum (n_i M_i^2)}{a - 1}$$

$1/N$ 的标准误
$$S_{1/N} = \sqrt{\frac{s^2}{\sum (n_i M_i^2)}}$$

种群大小(N)的 95%的置信区间可由 $1/N$ 的置信区间得来,$1/N$ 的置信区间为 $\frac{1}{N} \pm 2.228 S_{1/N}$(本试验中共采样 11 次,自由度为 10 时,$t_{0.05} = 2.228$)

式中,n_i是在第 i 次取样时捕获的甲虫总数,m_i在第 i 次取样时捕获的甲虫中已标记的甲虫总数,M_i是在第 i 次取样时种群中已标志的甲虫总数。

物种丰富度指群落中的物种数,以 S 表示。

群落多样性本文以 Shannon-Wiener(1963)多样性指数(H')表示:

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i$$

式中,$p_i = \frac{N_i}{N}$,为第 i 个物种个体数量占群落中总个体数的比例,N_i 为第 i 个物种的数量,N 为群落个体总数;S 为群落中的物种数。

均匀性指数(J)的计算公式:$J = \frac{H'}{H'_{max}}$

式中 H'_{max} 为 H' 的最大理论值,即假定群落内各个物种均以相同的比例存在时的 H' 值。

Simpson 的优势集中性指数(C)的计算式:$C = \sum_{i=1}^{s} (\frac{n_i}{N})^2$

式中,n_i 为第 i 个优势种在群落中的重要值,N 为群落的总重要值[12]。

2　结果与分析

2.1　柽柳包及沙漠裸地地表甲虫群落结构和数量

在 2005 年和 2006 年调查过程中发现柽柳包上地表甲虫个体数量和物种数均高于沙漠裸地(表 2)。2005 年调查中共捕获地表甲虫 23 种,其中柽柳包上 21 种,沙漠裸地中 10 种,在陷阱设置数量相同的条件下,在柽柳包上捕获的地表甲虫的个体数量是沙漠裸地的 1.7 倍;2006 年共捕获地表甲虫 20 种,在柽柳包上有 16 种,沙漠裸地中有 12 种,柽柳包上捕获地表甲虫的个体数量是沙漠裸地的 2.15 倍;通过两年的调查分析比较发现柽柳包上地表甲虫的物种数和个体数量均较高。2005 年,柽柳包地表甲虫的多样性指数和均匀性指数比沙漠裸地中的高,优势集中性指数较低,说明柽柳包上地表甲虫群落的稳定性比沙漠裸地中的高。

表 2　柽柳包和沙漠裸地中地表甲虫群落结构特征值

Table 2　Characteristic of the litter-layer beetles between the Tamarix nebkha and bare desert

物种及群落结构特征值 Species and Characteristic	2005 年柽柳包 2005 *Tamarix nebkha*	2005 年沙裸地 2005 bare area	2006 年柽柳包 2006 *Tamarix nebkha*	2006 年沙裸地 2006 bare area
髋胫小土甲 *Penthicicus koltzei* Reitter,1896	229	185	250	102
笨土甲一种 *Penthicus Reitter* sp.	1	0	0	0
光胸宽漠甲 *Sternoplax costatissima* Reitter, 1899	25	5	12	0
光滑胖漠甲 *Trigonoscelis sublaeuigata* Reitter, 1887	13	1	9	8
格氏驼毛甲 *Cyphostethe grombczewski* Semenow, 1891	2	0	6	1
亚皱土甲 *Gonocephalum subrugulosum* Reitter, 1887	3	0	0	0
喀什琵甲 *Blaps kashgarensis* Bates	3	0	1	0
肩脊砚甲 *Cyphogenia humeralis* Bates,1879	2	0	1	1
东鳖甲属 *Anatolica* sp.1879	4	0	0	0
高胸鳖甲 *Colposcelis montivaga* Bates, 1879	0	1	26	4
Calatus sp.	9	8	2	33
柽柳白筒象 *Lioclenus clathratus* (Olivier)	4	0	0	0
粉红锥喙象 *Conorrhynchus conirostris* Gyllenhyl	10	3	6	4
黄褐纤毛象 *Tanymecus urbanus* Gyllenhyl	7	0	0	0
云斑毛足象 *Phacephorus nebulosus* Fahraeus	1	0	0	0
横脊象属 *Platymcteropsis* spp.	14	0	0	0
阎甲科一种 Histeridae	5	1	18	7
肖叶甲亚科一种 Eumolpidae	0	1	0	3
粪金龟科一种 Geotrupidae	0	2	3	3
叩甲科一种 Elateridae	1	0	0	0
伪天牛科一种 Oedemeridae	1	0	0	0
伪叶甲科一种 Lagriidae	12	2	0	0
伪叶甲科一种 Lagriidae	13	0	0	0

续表

物种及群落结构特征值 Species and Characteristic	2005 年柽柳包 2005 *Tamarix nebkha*	2005 年沙裸地 2005 bare area	2006 年柽柳包 2006 *Tamarix nebkha*	2006 年沙裸地 2006 bare area
皮蠹科一种 Dermestidae	1	0	0	1
蜉金龟科一种 Aphodiidae	0	0	1	1
苏氏宽漠甲 *Sternoplax souvorowiana* Reitter, 1907	0	0	2	0
大瘤宽漠甲 *Sternoplax locerta* Bates, 1879	0	0	1	0
卓丹楔毛甲 *Trichosphaena chotanica* Semenov, 1903	0	0	1	0
天牛科一种 Cerambycidae	0	0	1	0
甲虫个体数 Individuals	360	209	340	158
丰富度(*S*)Species richness	21	10	16	12
多样性指数(*H'*)Shanon-Weiner index	1.5995	0.5743	1.1399	1.2963
均匀性指数(*J*)Evenness index	0.5254	0.2494	0.4111	0.5217
优势集中性指数(*C*)Simpson	0.4172	0.7860	0.5521	0.3933

2.2 柽柳包与沙漠裸地中地表甲虫的季节动态

按 54 个陷阱中地表甲虫的数量为标准处理 2 年的甲虫数据(图 1)。2005 年柽柳包和沙漠裸地中的地表甲虫的数量在 6 月份最高,7、8、9 月份依次减少。2006 年柽柳包上地表甲虫的数量从 4 月份开始上升,7 月份地表甲虫的数量最多;沙漠裸地中地表甲虫的季节动态基本上与柽柳包中的一致,但甲虫的数量在 6 月份最多。造成甲虫数量峰值出现的月份不同的原因可能与年际间最高气温出现时间不同有关系:2005 年气温峰值可能在 7 月,而 2006 年则提前到了 6 月。而气温峰值的出现也是造成柽柳包与沙漠裸地甲虫数量差距加大的原因。因为环境越极端,柽柳包的微环境效应就越突出。沙漠地区 7、8 月份地表温度到达 50℃以上,由于柽柳的遮荫作用和相对丰富的食物资源,可以吸引更多的地表甲虫在柽柳包栖息。荒漠优势种髋胫小土甲与地表甲虫季节动态相似(图 2),这表明沙漠地区地表甲虫在适应极端环境中具有相同的趋势。

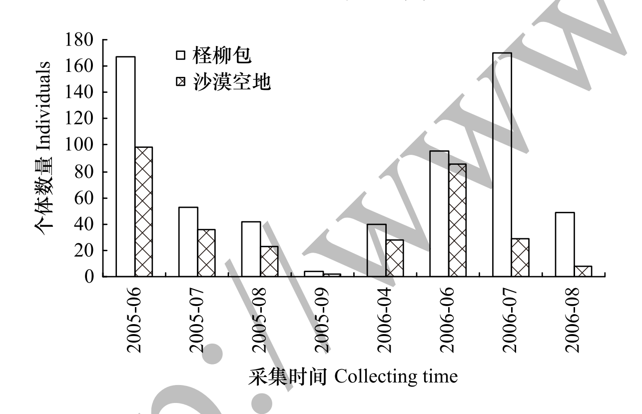


图 1 柽柳包与沙漠裸地中地表甲虫的季节动态

Fig.1 Seasonal dynamics of the litter-layer beetles between the Tamarix nebkha and bare desert

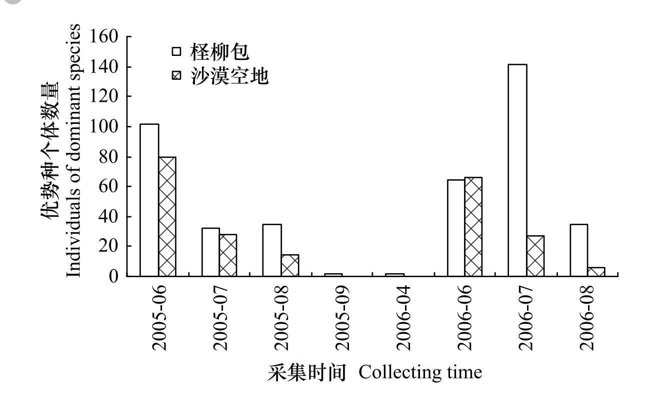


图 2 柽柳包与沙漠裸地中地表甲虫优势种(髋胫小土甲)的季节动态

Fig.2 Seasonal dynamics of the dominant species between the Tamarix nebkha and bare desert

2.3 柽柳包地表甲虫优势种密度测定

柽柳包上髋胫小土甲标记过程及其密度见表 3 和表 4。对柽柳包上优势种甲虫髋胫小土甲的个体数量的调查发现,优势种甲虫髋胫小土甲在柽柳包上数量相对较大,每平方米密度达到 13 头以上。同时,2,4,5 号 3 个柽柳包上髋胫小土甲密度相对较高,数量较多,与调查柽柳包基本特征(表 1)对比发现,2,4,5 号 3 个柽柳包落叶层较厚,植物有机质等积累较多,有利于甲虫的生存与食物的获取,而 1,3,6 号柽柳包落叶少,甲虫数量相对较少。

在调查中发现 7 月 24 号在 3 号柽柳包上捕到 1 头用绿色油漆(4 号柽柳包上标记所用)标记的标本,3 号

和 4 号柽柳包距离 32m,表明甲虫在相似的生境之间存在一定的迁移现象。

表 3　柽柳包髋胫小土甲标志重捕数量调查

Table 3　Investigate the mark-recapture number of *Penthicicus koltzei Reitter* in the Tamarix nebkha

取样日期 Date	捕获数 n_i Catches	已标记数 m_i Marker	新标记数 U_i New marker	已标记总数 M_i Total marker	n_iM_i	M_im_i	$n_iM_i^2$	m_i^2/n_i
07-16	40	0	40	0	0	0	0	0
07-17	33	1	32	40	1320	40	52800	0.0303
07-18	42	6	36	72	3024	432	217728	0.8571
07-19	61	4	57	108	6588	432	711504	0.2623
07-20	45	2	43	165	7425	330	1225125	0.0889
07-21	39	5	34	208	8112	1040	1687296	0.6410
07-22	31	7	24	242	7502	1694	1815484	1.5806
07-23	49	9	40	266	13034	2394	3467044	1.6531
07-24	30	8	22	306	9180	2448	2809080	2.1333
07-25	51	6	45	328	16728	1968	5486784	0.7059
07-26	24	2	0	373	8952	746	3339096	0.1667
总和 Sum	445	50	373	2108	81865	11524	20811941	8.1192

在调查过程中,在有些柽柳包上捕获的甲虫出现个别死亡,所以每天的 n_i 并不一定等于 m_i 和 u_i 之和

表 4　6 个柽柳包上髋胫小土甲的数量分布

Table 4　Abundance of *Penthicicus koltzei Reitter* in the 6 Tamarix nebkha

序号 Number	捕获总数 n_i Total capture	累计标记数 m_i Total marker	种群大小估计量 N Population Size	N 的 95%的置信区间 Confidence interval of 95%	平均密度/(头/m^2) Mean density
1	445	50	1806	1320—2856	17—36
2	230	9	2873	1693—9473	36—202
3	181	7	1870	1192—4326	13—46
4	235	6	3901	2354—11384	30—146
5	567	32	4544	3549—6313	39—69
6	376	27	2126	1625—3074	18—33

3　讨论与结论

3.1　柽柳包在干旱区生态系统中的功能在于为地表甲虫群落物种多样性的保育提供了庇护所

在本研究中,柽柳包上地表甲虫群落的物种多样性和优势种种群数量要明显高于沙漠裸地(图 1)。这表明在干旱区生态系统中,柽柳包对地表甲虫起着庇护所的作用。柽柳包之所以有这样的庇护功能在于灌丛沙堆的(柽柳包)的形成有利于降低风速,遮蔽阳光,同时地面凋落物的积累,为食草和腐食性昆虫提供丰富的食物资源,又有利于改善沙地土壤特性,增加土壤养分含量,进而改善局地小环境,而灌丛周围相对沙漠裸地的裸露高温条件,其相对较低的温度、优良的保水条件可为地表甲虫提供安全的产卵场所[21-27],这些作用通常被称作灌丛的"肥岛及虫岛效应"。同时,柽柳包生境又具有较好的地面覆盖层,能够为甲虫栖息、食物获取、藏身、躲避天敌等活动提供适宜的场所和条件[23]。本研究中地表甲虫在生境选择过程中更趋向于选择地面覆盖物积累较高的柽柳包环境也证实了这一点。植食性的昆虫(象甲类)主要取食柽柳植物及其柽柳包上其他植物,白天可以观察到这些昆虫取食植物叶片和花;拟步甲除了取食植物之外,在柽柳包相互追逐完成交配。柽柳包在沙漠地区存在不仅对昆虫物种多样性的保育有着积极的意义,同时也观察到蜥蜴数量也是明显高于裸地。

本研究中没有系统地监测其他类群昆虫,但观察到在柽柳开花期间大量的授粉昆虫(食蚜蝇、蜂类和蛾类)访问柽柳包,需要在以后的研究中加强对授粉昆虫的研究,通过更严格的控制试验(铲除柽柳包植物、选

取死亡的柽柳包,不同尺度下的比较)来研究柽柳包对生物多样性维持过程及其内在机制。

3.2 柽柳包对地表甲虫庇护作用的强弱有明显的季节变化

本研究结果表明地表甲虫的数量和种类存在明显的季节变化,2005—2006 年甲虫数量高峰分别出现在 6 月和 7 月(图 1,图 2)。这可能与两年的气候变化和洪水有很大关系,2005 年降水量相对较少,地表径流也相对小,而 2006 年降水量相对较大,地表径流也相对较大[28-29],为躲避洪水的影响或者更好利用土壤水分,甲虫会涌向柽柳包避难或者种群在洪水后维持相对高的数量,但洪水与动物种群是十分复杂,需要在以后的研究注意。Wenninger 等也研究表明在夏季末期,灌溉作用比植物多样性更影响昆虫多样性[5]。本研究表明了在沙漠地区柽柳包对维持地表甲虫群落物种多样性、物种丰富度等有利作用及荒漠地区柽柳包对地表甲虫的庇护作用。人们在开荒屯田过程中,一定要注重对柽柳包的保护,以更好维持荒漠地区昆虫多样性和荒漠生态系统的平衡。

参考文献(References):

[1] 高宝嘉, 张执中, 李镇宇. 封山育林对昆虫群落结构及多样性稳定性影响的研究. 生态学报, 1992, 12(1): 1-7.
[2] 于晓东, 周红章, 罗天宏. 鄂尔多斯高原地区昆虫物种多样性研究. 生物多样性, 2001, 9(4): 329-335.
[3] De Alckmin Marques E S, Price P W, Cobb N S. Resource abundance and insect herbivore diversity on woody fabaceous desert plants. Environmental Entomology, 2000, 29(4): 696-703.
[4] Schowalter T D, Lightfoot D C, Whitford W G.. Diversity of arthropod responses to host-plant water stress in a desert ecosystem in southern New Mexico.. The American Midland Naturalist, 1999, 142(2): 281-290..
[5] Wenninger E J, Inouye R S. Insect community response to plant diversity and productivity in a sagebrush-steppe ecosystem. Journal of Arid Environments, 2008, 72(1): 24-33.
[6] Davies K F, Margules C R. Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. Journal of Animal Ecology, 1998, 67(3): 460-471.
[7] 于晓东, 罗天宏, 周红章. 东灵山地区地表甲虫群落组成及季节变化. 昆虫学报, 2002, 45(6): 785-793.
[8] 康乐. 放牧干扰下的蝗虫——植物相互作用关系. 生态学报, 1995, 15(1): 1-11.
[9] 黄保宏, 邹运鼎, 毕守东, 李恒奎. 梅园昆虫群落的时间结构及动态. 应用与环境生物学报, 2005, 11(2): 187-191.
[10] Tengberg A. Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burkina Faso. Journal of Arid Environments, 1995, 30(3): 265-282.
[11] 张荣, 刘彤. 古尔班通古特沙漠南部植物多样性及群落分类. 生态学报, 2012, 32(19): 6056-6066.
[12] Li X R, Chen Y W, Su Y G, Tan H J. Effects of biological soil crust on desert insect diversity: evidence from the Tengger desert of northern China. Arid Land Research and Management, 2006, 20(4): 263-280.
[13] Tengberg A, Chen D L. A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and northern Burkina Faso. Geomorphology, 1998, 22(2): 181-192.
[14] Langford R P. Nabkha (coppice dune) fields of south-central New Mexico, U.S.A. Journal of Arid Environments, 2000, 46(1): 25-41.
[15] Nickling W G, Wolfe S A. The morphology and origin of Nabkhas, region of Mopti, Mali, West Africa. Journal of Arid Environments, 1994, 28(1): 13-30.
[16] Brown G, Porembski S. The maintenance of species diversity by miniature dunes in a sand -depleted *Haloxylon salicornicum* community in Kuwait. Journal of Arid Environments, 1997, 37(3): 461-473.
[17] 刘铭庭. 新疆柽柳属植物研究及推广应用. 中国沙漠, 1996, 16(4): 428-429.
[18] 穆桂金. 塔克拉玛干沙漠灌草丘的发育特征及环境意义. 干旱区研究, 1994, 11(1): 34-41.
[19] 尹传华, 冯固, 田长彦, 白灯莎, 张福锁. 塔克拉玛干沙漠边缘柽柳对土壤水盐分布的影响. 中国环境科学, 2007, 27(5): 670-675.
[20] 尹传华, 冯固, 田长彦, 张福锁. 干旱区柽柳灌丛下土壤有机质、盐分的富集效应研究. 中国生态农业学报, 2008, 16(1): 263-265.
[21] Stapp P. Microhabitat use and community structure of darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) in shortgrass prairie: effects of season shrub and soil type. The American Midland Naturalist, 1997, 137(2): 298-311.
[[22] Mazía C N, Chaneton E J, Kitzberger T. Small-scale habitat use and assemblage structure of ground-dwelling beetles in a Patagonian shrub steppe. Journal of Arid Environments, 2006, 67(2): 177-194.
[23] 杭佳, 石云, 刘文惠, 贺达汉. 宁夏黄土丘陵区不同生态恢复生境地表甲虫多样性. 生物多样性, 2014, 22(4): 516-526.
[24] 赵哈林, 郭轶瑞, 周瑞莲. 灌丛对沙质草地土壤结皮形成发育的影响及其作用机制. 中国沙漠, 2011, 31(5): 1105-1111.
[25] 赵哈林, 刘任涛, 周瑞莲, 赵学勇, 张铜会. 科尔沁沙地灌丛的"虫岛"效应及其形成机理. 生态学杂志, 2012, 31(12): 2990-2995.
[26] 苏永中, 赵哈林, 张铜会. 几种灌木、半灌木对沙地土壤肥力影响机制的研究. 应用生态学报, 2002, 13(7): 802-806.
[27] 岳兴玲, 哈斯, 庄燕美, 张军. 沙质草原灌丛沙堆研究综述. 中国沙漠, 2005, 25(5): 738-743.
[28] 孙本国, 沈永平, 王国亚. 1954—2007 年叶尔羌河上游山区径流和泥沙变化特征分析. 冰川冻土, 2008, 30(6): 1068-1072.
[29] 高鑫, 张世强, 叶柏生, 谯程骏. 1961—2006 年叶尔羌河上游流域冰川融水变化及其对径流的影响. 冰川冻土, 2010, 32(3): 445-453.